0 272519 070007

27-25-19-07
(144.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 4

Место проведения Пенза
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Покори Воробьёвы горы!"
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Никитина Дмитрия Алексеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«04.» апреля 2025 года

Подпись участника

Черновик

$\dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3}\cdot \text{м}^2 \over \dfrac{\text{м}}{\text{с}^2}\cdot\text{В}^2$ $= C$; $\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{м}^2\cdot\text{с}^2\cdot\text{В}^2} = C$

$\dfrac{\text{кг}\cdot\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{\text{м}^2\cdot\text{В}^2\cdot\text{с}^2\cdot\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2} = C$; $\dfrac{\text{Дж}}{\text{В}\cdot\text{с}^2} = C$

$\dfrac{\text{В}}{\text{с}^2} = 1$

$\text{Дж} = \dfrac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\cdot\text{В}^2_{\text{вых}}\cdot\text{м}}{\text{В}^2} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\cdot\text{м}\cdot\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2\cdot\text{м}^2 = \dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}^2} = \text{Дж}$

27-25-19-07
(144.1)

N	1	2	3	4	
Т	5	5	1	3	14
З	20	5	20	13	58/72

(семьдесят два)

Чистовик

N1

Вопрос: $mgH = \dfrac{I\omega^2}{2} + \dfrac{mv^2}{2}$; $I = \dfrac{mR^2}{2}$, $\omega R = v$ – т.к. нет проскальз.

$mgH = \dfrac{mv^2}{4} + \dfrac{mv^2}{2} \Rightarrow gH\cdot\dfrac{4}{3} = v^2 \Rightarrow v = 2\sqrt{\dfrac{gH}{3}}$

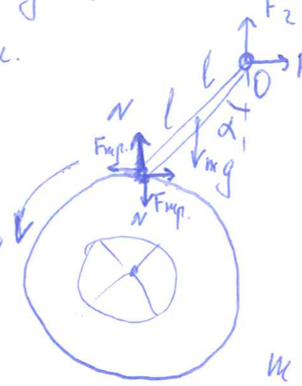
$I = \int_0^R dm\, r^2$, $dm = l\cdot 2\pi r\cdot dr\cdot\rho \Rightarrow I = \int_0^R l\cdot 2\pi r^3 dr\cdot\rho = 2\pi l\rho\cdot\dfrac{r^4}{4}\Big|_0^R =$

$= 2\pi l\rho\dfrac{R^4}{4} = \pi R^2 l\rho\cdot\dfrac{R^2}{2} = \dfrac{mR^2}{2}$ +, где l – длина цил.; ρ – плотн.

Ответ. $v = 2\sqrt{\dfrac{gH}{3}}$ +

Задача:

1 сл.



$F_{тр} = \mu N$, т.к. ст. в р-сии, то

~~$F_1 = F_{тр}$, $F_2 = N + mg$~~

$\vec{F_1} + \vec{F_2}$ – сила д. на стерж. со стороны шарнира

2 усл. р-сия отн. т. O: $mg\cdot l\sin\alpha = F_{тр}\cdot 2l\cos\alpha + N\cdot 2l\sin\alpha$

$mg = 2\mu N\operatorname{ctg}\alpha + 2N \Rightarrow N = \dfrac{mg}{2 + 2\mu\operatorname{ctg}\alpha} \Rightarrow F_{тр} = \mu N = \dfrac{\mu mg}{2 + 2\mu\operatorname{ctg}\alpha}$

$A_1 = F_{тр}\cdot n_1\cdot 2\pi R$ – число об., $A_1 = \dfrac{I\omega_0^2}{2}$ – теорема об изм. кин. энер.; ~~$I = \int_{R/2}^{R} l\cdot 2\pi r^3 dr\cdot\rho$, где l – толщина колеса, ρ – плотность~~

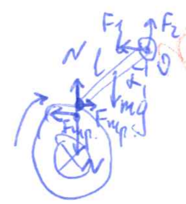
~~$I = 2\pi l\rho\cdot\dfrac{r^4}{4}\Big|_{R/2}^{R} = 2\pi l\rho R^4\left(\dfrac{1}{4} - \dfrac{1}{64}\right) =$~~
~~$= \pi l\rho R^4\dfrac{1}{2}\left(1 - \dfrac{1}{16}\right) = \pi l\rho R^4\cdot\dfrac{15}{32}$,~~

~~$V = l\left(\pi R^2 - \pi\left(\dfrac{R}{2}\right)^2\right) = \pi l\dfrac{3R^2}{4} \Rightarrow M = V\rho = \pi l\rho R^2\cdot\dfrac{3}{4} \Rightarrow I = \dfrac{4}{3}MR^2\cdot\dfrac{15}{32} =$~~
~~$= \dfrac{5}{8}MR^2$;~~

Момент сил, проход. через т. O равен нулю

~~$\dfrac{\mu mg}{2 - 2\mu\operatorname{ctg}\alpha}\cdot n\cdot 2\pi R = \dfrac{\frac{5}{8}MR^2\cdot\omega_0^2}{2}$~~

2 случай:



2 усл. р-сия отн. т. O: $mgl\sin\alpha + \mu N\cdot 2l\cos\alpha = N\cdot 2l\sin\alpha$

$mg + 2\mu N\operatorname{ctg}\alpha = 2N$; $N(2 - 2\mu\operatorname{ctg}\alpha) = mg$

$N = \dfrac{mg}{2 - 2\mu\operatorname{ctg}\alpha}$; $A_2 = F_{тр}\cdot n_2\cdot 2\pi R = \dfrac{\mu mg}{2 - 2\mu\operatorname{ctg}\alpha}\cdot n_2\cdot 2\pi R$;

$A_2 = \dfrac{I\omega_0^2}{2} = A_1 \Rightarrow n_2 = n_1\cdot\dfrac{2 - 2\mu\operatorname{ctg}\alpha}{2 + 2\mu\operatorname{ctg}\alpha} = n_1\dfrac{1 - \mu\operatorname{ctg}\alpha}{1 + \mu\operatorname{ctg}\alpha}$ +

$h_2 = 65 \cdot \frac{1-0{,}3\cdot 1}{1+0{,}3\cdot 1} = 65 \cdot \frac{65\cdot 7}{13} = 35$ +

Чистовик

Ответ: 35 (+)

№2

Вопрос: $p_л = \frac{2\sigma}{R}$

Речь об избыточном давлении Лапласа в капиллярах (под искривлённой поверхностью жидкости)

$\rho g h_1 = \frac{2\sigma_1}{R}$

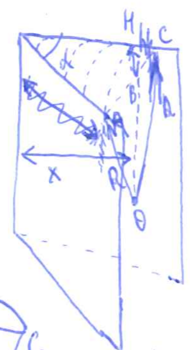
$\rho_2 g h_2 = \frac{2\sigma_2}{R} \Rightarrow h_2 = \frac{2\sigma_2}{\rho_2 g R} = \frac{\sigma_2 \rho_1}{\rho_2 \sigma_1} \cdot h_1 = \frac{4}{8} \cdot 4мм = 2мм$ +

R одинак., т.к одинаковые рад. кривизны в одинаковых капиллярах (полное смач. и несмач. равносильны)

Ответ: опустится на 2мм (+)

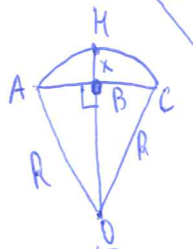
Задача:

$\rho g h = p_л = \frac{2\sigma}{R} \Rightarrow R = \frac{2\sigma}{\rho g h}$; $AO = OH = OC = R$; $OH = OB + h$;



$\frac{AB}{x} = tg\frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2}$; $AB^2 + OB^2 = R^2$; $OB = OH - h$

$R^2 - x^2\frac{\alpha^2}{4} = (R-h)^2$;



$-x^2\frac{\alpha^2}{4} = -2Rh + h^2$; $h^2 = 2h \cdot \frac{2\sigma}{\rho g h} - x^2\frac{\alpha^2}{4}$

$h^2 = \frac{4\sigma}{\rho g} - \frac{x^2\alpha^2}{4}$;

$h = \sqrt{\frac{4\sigma}{\rho g} - \frac{x^2\alpha^2}{4}}$ при $x < 4\alpha\sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$; $h = \sqrt{\frac{x^2\alpha^2}{4} - \frac{4\sigma}{\rho g}}$ при $x \geq 4\alpha\sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$

α — малый

Ответ. $x \geq 4\alpha\sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$: $h = \sqrt{\frac{x^2\alpha^2}{4} - \frac{4\sigma}{\rho g}}$ (−)

$x < 4\alpha\cdot\sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$: $h = \sqrt{\frac{4\sigma}{\rho g} - \frac{x^2\alpha^2}{4}}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

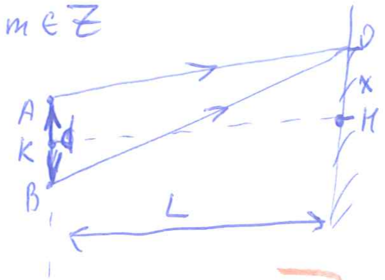
Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

27-25-19-07
(144.1)

№4 (Чистовик)

когерентность?

Вопрос: минимум наблюдается, когда волны приходят в противофазе, т.е. $\Delta = (m + \frac{1}{2})\lambda$ – разность хода, где $m \in \mathbb{Z}$



$AO^2 = (x - \frac{d}{2})^2 + L^2$; $OB^2 = (x + \frac{d}{2})^2 + L^2$

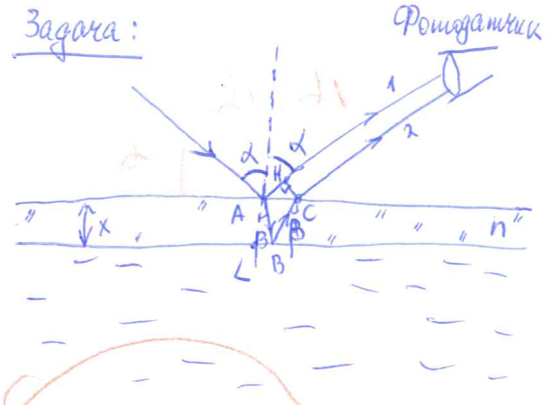
$-AO^2 + OB^2 = (\underbrace{-AO + OB}_{=\Delta})(\underbrace{AO}_{\approx L} + \underbrace{OB}_{\approx L}) = 2\Delta L$

$(x + \frac{d}{2})^2 - (x - \frac{d}{2})^2 = 2\Delta L$; $d \cdot x = \Delta L$;

$x = \frac{\Delta L}{d}$; $\Delta = (m + \frac{1}{2})\lambda$

$x = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda L}{d}$, где $m \in \mathbb{Z}$, – рас-ние от центра экрана (ось сим. отн. источников волн)

Задача:



max интенсивности, когда волны(лучи) совпадают по фазе, т.е. $\Delta = m\lambda$

~~min: $\Delta = (m + \frac{1}{2})\lambda$ – волны в противофазе~~

$\Delta = AB + BC - AH$; $\sin\beta \cdot n = \sin\alpha$, $AB = BC = \frac{x}{\cos\beta}$ $\cancel{= \frac{x}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2\alpha}{n^2}}}}$

$AH = AC\sin\alpha$; $LB/AL = tg\beta \Rightarrow LB = AL\,tg\beta$; $AC = 2LB = 2x\,tg\beta$

$AH = 2x\,tg\beta\sin\alpha = \frac{2x\sin^2\alpha}{n\cos\beta}$; $\Delta = -\frac{2x\sin^2\alpha}{n\cos\beta} + \frac{2x}{\cos\beta} = \frac{2x}{\cos\beta}\left(1 - \frac{\sin^2\alpha}{n}\right)$;

За период T Δ изменяется от $m\lambda$ до $(1+m)\lambda \Rightarrow$

$\lambda = \frac{2x}{\cos\beta}\left(1 - \frac{\sin^2\alpha}{n}\right) - \frac{2x - vT}{\cos\beta}\left(1 - \frac{\sin^2\alpha}{n}\right) = \frac{vT}{\cos\beta}\left(1 - \frac{\sin^2\alpha}{n}\right) =$

$= \frac{vT}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2\alpha}{n^2}}} \cdot \left(1 - \frac{\sin^2\alpha}{n}\right) \Rightarrow v = \frac{\lambda\sqrt{1 - \frac{\sin^2\alpha}{n^2}}}{\left(1 - \frac{\sin^2\alpha}{n}\right)T} = \frac{500 \cdot 10^{-9} \cdot \sqrt{1 - \frac{\frac{3}{4}}{\frac{9}{4}}}}{\left(1 - \frac{\frac{3}{4}}{\frac{3}{2}}\right) \cdot 15 \cdot 60} =$

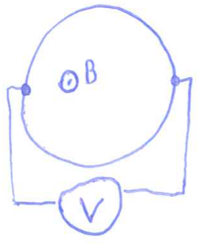
$= \frac{10}{9} \cdot 10^{-9} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} = \frac{\sqrt{6}}{27} \cdot 10^{-8} \left(\frac{м}{с}\right)$

Ответ. $\frac{\sqrt{6}}{27} \cdot 10^{-8}\ \frac{м}{с}$

№ 3 Чистовик

Вопрос: $\varepsilon_i = -\beta S$; $\varepsilon = |\varepsilon_i| = \beta S = \beta \pi R^2$

Показания вольтметра зависят от его положения



max U

$U = \frac{\varepsilon}{2} = \frac{\beta \pi R^2}{2}$

$U \in \left[0; \frac{\beta \pi R^2}{2}\right]$

min U

$U = 0$

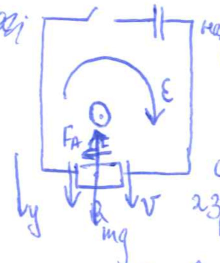
Задача: за время dt изменение магн. потока через контур $d\Phi = v\,dt\,l\,B$ $\Rightarrow \varepsilon = \frac{d\Phi}{dt} = vBl$

$I = \frac{\tau l d}{2B} g \Rightarrow q = I \cdot t = \frac{\tau l d}{2B} g t + q_0$

Ток через конд. равен току через заслонку

2 пр. Кирх.: $\frac{q}{C} + I\rho \cdot \frac{l}{dl} = \varepsilon$; $\frac{q}{C} + \frac{\tau l d}{2B} g \cdot \frac{\rho}{d} = vBl$; $\frac{q_0}{C} + \frac{\tau l d}{2B} g \left(\frac{t}{C} + \frac{\rho}{d}\right) = vBl$

В нач. м-т. ключ разомкнут, $t = 0$, $v = 0$



напр. ε опред. правилом Ленца: пл. увел $\Rightarrow$ магн. поток увел. $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ поле инд. тока направлено против $\vec{B} \Rightarrow \varepsilon$ по час. стрелке.

2 з-н Н:
$ma = mg - F_A = mg - BIl$; $ma\,dt = (mg - BIl)\,dt \Rightarrow mv = mg t - Bql$

$v = gt - \frac{Bql}{m} = gt - \frac{Bql}{\tau l^2 d} = gt - \frac{Bq}{\tau l d} = gt - \frac{Bt}{\tau l d} \cdot \frac{\tau l d}{2B} g = \frac{gt}{2}$

$dx = v\,dt = \frac{gt\,dt}{2}$; $x = \frac{gt^2}{4}$

$\underbrace{\frac{q_0}{C}}_{\text{не зависит от } t} + \frac{\tau l d}{2B} g \left(\underbrace{\frac{t}{C}}_{\text{зав. от } t} + \underbrace{\frac{\rho}{d}}_{\text{не зав. от } t}\right) = \underbrace{\frac{gtBl}{2}}_{\text{зав. от } t}$; ~~$\frac{t}{C} + \frac{\rho}{d} = \frac{gtB^2}{\tau l d}$; $\frac{1}{C} + \frac{\rho}{dt} = \frac{gB^2}{\tau l d}$~~

Значит $\frac{\tau l d g}{2B} \frac{t}{C} = \frac{gtBl}{2} \Rightarrow C = \frac{\tau d}{B^2}$

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!